

## Artigo

## Sinergia entre a Indústria e Programas de Pós-graduação no Brasil: Um Caso de Sucesso na Temática de Gestão e Tecnologias Ambientais

Guarieiro, L. L. N.; Dalmolin, C.; Pachekoski, W.; Santos, A. A. B.; Travassos, X. L.; Almeida, E. S.

Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (2), 337-351. Data de publicação na Web: 11 de dezembro de 2013

<http://www.uff.br/rvq>

### Synergy Between Industry and Graduate Programs in Brazil: A Success Story on the Theme of Environmental Management

**Abstract:** This paper discusses research activities for innovative industry in the state of Bahia under the theme of Environmental Management through the course of professional master. We describe several lines of research initiated and influenced by demand from industry in Bahia, especially in the role of the student graduate professional master's program in Management and Industrial Technology (GETEC), Campus Integrated Manufacturing and Technology (CIMATEC) from SENAI-BA. It is observed that, even in the case of a master's degree included in the interdisciplinary area, themed in management and engineering, research in topics typically considered in the context of chemistry is essential, especially when considering the huge demand for industry-related topics environment, clean technologies and environmentally friendly materials.

**Keywords:** Environmental management; industry; professional master; SENAI.

### Resumo

Este trabalho discute as atividades de pesquisa inovadoras para a indústria do estado da Bahia desenvolvidas na temática da Gestão Ambiental através do curso de mestrado profissionalizante. São descritas diversas linhas de pesquisa iniciadas e em andamento influenciadas pela demanda da indústria baiana, principalmente no papel do aluno de pós-graduação do programa de mestrado profissional em Gestão e Tecnologia Industrial (GETEC), do Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC) do SENAI-BA. Observa-se que, mesmo tratando-se de um mestrado incluído na área interdisciplinar, com temática em gestão e engenharia, a pesquisa em tópicos considerados tipicamente no âmbito da engenharia ambiental é essencial, principalmente quando se considera a grande demanda da indústria por temas relacionados ao meio ambiente, tecnologias mais limpas e materiais ambientalmente sustentáveis.

**Palavras-chave:** Gestão ambiental; indústria; mestrado profissional; SENAI.

\* SENAI CIMATEC, Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, CEP 41650-010, Salvador-BA, Brasil.

✉ [lilianguarieiro@gmail.com](mailto:lilianguarieiro@gmail.com)

DOI: [10.5935/1984-6835.20140024](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140024)

## Sinergia entre a Indústria e Programas de Pós-graduação no Brasil: Um Caso de Sucesso na Temática de Gestão e Tecnologias Ambientais

Lílian L. N. Guarieiro,<sup>\*,a,b</sup> Carla Dalmolin,<sup>a,c</sup> Wagner Pachekoski,<sup>a</sup> Alex A. B. Santos,<sup>a</sup> Lucas Travassos,<sup>a,d</sup> Edna S. Almeida<sup>a</sup>

<sup>a</sup> SENAI CIMATEC, Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, CEP 41650-010, Salvador-BA, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Federal da Bahia, INCT de Energia e Ambiente, CEP 40170-290, Salvador-BA, Brasil.

<sup>c</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC Centro de Ciências Tecnológicas, CCT Departamento de Química, CEP 89219-710, Joinville-SC, Brasil.

<sup>d</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, Centro de Engenharias da Mobilidade, CEM, CEP 89218-000, Joinville-SC, Brasil.

\* [lilianguarieiro@gmail.com](mailto:lilianguarieiro@gmail.com)

*Recebido em 22 de julho de 2013. Aceito para publicação em 11 de setembro de 2013*

### 1. Introdução

### 2. Mestrados profissionalizantes e sua importância para indústria

#### 2.1. Temática de Gestão e Tecnologias Ambientais no GETEC

### 3. Conclusões

## 1. Introdução

Nos últimos anos, pode-se dizer que a inovação vem se tornando um dos fatores decisivos para o desenvolvimento econômico e social de uma nação, já que é um fator de competitividade, principalmente, nas indústrias. Indicadores de crescimento atuais demonstram que a inovação contribui com mais da metade do Produto Interno Bruto (PIB) dos países, segundo os dados da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE).<sup>1</sup> No

Brasil, a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) e o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional 2007-2010 consideram a inovação um dos fatores centrais para o fortalecimento sustentável da posição do Brasil no cenário internacional.<sup>2</sup>

Na região Nordeste do Brasil, um dos desafios mais críticos é o da qualificação avançada de pessoal para embasar iniciativas para consolidação da competitividade da indústria, uma vez que as organizações são obrigadas a investir sempre em inovações tecnológicas capazes de aprimorar tanto a

qualidade do produto final quanto os indicadores de produtividade em seus processos. Neste contexto, o tema inovação tem sido extremamente discutido na nova política econômica do governo federal e representa ainda uma barreira muito grande para o crescimento sustentável do país.<sup>3</sup>

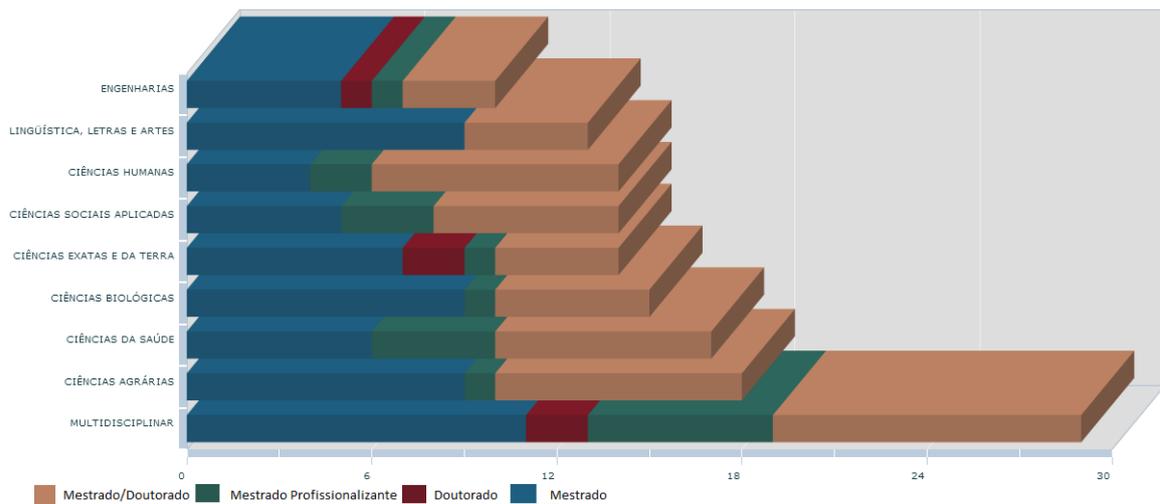
O Mestrado Profissional se insere como grande difusor do conhecimento por permitir o aperfeiçoamento do profissional que deseja aprofundar, em um ambiente acadêmico, seu conhecimento obtido na graduação, uma vez que o mercado de trabalho cada vez mais exige profissionais que consigam solucionar problemas de posse de conhecimentos atualizados e do entendimento das limitações práticas do ambiente de trabalho. Aliado a esta questão, a busca pelo profissional qualificado, com pós-graduação, tem sido uma das apostas das indústrias brasileiras para absorver, em suas equipes, perfis inovadores. Algumas indústrias estão investindo na qualificação do corpo interno de funcionários em Programas de Mestrados Profissionalizantes, onde o tema a ser desenvolvido é focado no problema da empresa. Dessa forma, a indústria, além de resolver um problema interno de processo/produto, concentra em sua equipe um profissional mais qualificado.

O número de programas de Mestrado Profissional no Brasil é ainda pequeno se comparado com as demais modalidades de Programas existentes (Figura 1a), embora se distribuam na maioria das grandes áreas. No Estado da Bahia, pode-se destacar um número muito significativo de Programas Multidisciplinares (Figura 1b), nos quais poucos Programas possuem a “Gestão Ambiental na cadeia produtiva” como uma das linhas de atuação.<sup>4</sup>

O Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial (GETEC) do SENAI-BA se insere neste contexto por ser uma interface inovadora entre a indústria e seus

colaboradores, pois tem o objetivo de formar profissionais para atuação em áreas estratégicas das empresas, coordenando recursos de conhecimento para promover mudanças em processos e produtos, com vistas à melhoria das condições competitivas da indústria nacional. Ao final do curso, o profissional tem condições de atuar como um agente de inovação, indutor de mudanças organizacionais e / ou tecnológicas no ambiente industrial, podendo também desenvolver projetos de pesquisa aplicada, tecnologia industrial e ensino profissional, voltados para as linhas de pesquisas em: gestão e desenvolvimento industrial; engenharia e tecnologia de processos; e tecnologia de desenvolvimento de produtos. O corpo docente permanente do GETEC é interdisciplinar e conta com pesquisadores que têm ou tiveram envolvimento próximo à indústria. A realização de projetos financiados pela indústria permite uma constante atualização em relação às tendências do mercado.

O GETEC iniciou suas atividades em 2008, sendo o pioneiro do Sistema SENAI nessa modalidade no país. O GETEC está inserido no âmbito do Núcleo de Pós-Graduação em Tecnologia Industrial (NPTI), da Faculdade de Tecnologia do SENAI lotada no Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC), juntamente com os cursos do eixo acadêmico em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - MCTI (Mestrado e Doutorado) e de especialização em várias linhas de pesquisa inseridas no contexto do GETEC. Assim, tem-se uma oferta completa, abarcando todas as modalidades de ensino de pós-graduação, permitindo o atendimento de diversas demandas e carências da sociedade na qual se insere. Com efeito, o escopo de atuação e as diretrizes do GETEC estão totalmente alinhados com os objetivos do NPTI, não havendo nenhum tipo de conflito entre os cursos de natureza acadêmica e profissional.



(a)



(b)

Mest = mestrado; M.D. = Mestado/Doutorado; M.P. = Mestrado Profissional; Dout = Doutorado

**Figura 1.** Distribuição dos cursos de pós-graduação por (a) grande área e (b) nível no estado da Bahia em 2011<sup>4</sup>

A disponibilidade de cursos para capacitação profissional na região Nordeste com a temática de inovação, especialmente nas áreas básicas de engenharia, está restrita a poucos estados. No Estado da Bahia, os cursos de pós-graduação *stricto sensu* oferecidos na Região Metropolitana de Salvador, abordam, em sua maioria, temáticas voltadas às demais áreas que não engenharia e gestão.

Na Bahia, particularmente, esta demanda é premente com a formação da cadeia automotiva, a expansão das indústrias de transformação de plástico, eletroeletrônica, do Pólo de Informática, da revitalização do setor metal-mecânico e, principalmente, do

escoamento da produção agrícola do oeste do Estado, sem falar do Pólo Petroquímico instalado no Estado. A presente escassez de profissionais qualificados e capacitados para atender a esta demanda industrial crescente, aliada ao profundo processo de mudança nas esferas tecnológica, econômica e das relações entre as empresas das cadeias produtivas no padrão competitivo vigente, implica em obstáculo crítico ao sucesso do desenvolvimento industrial sustentável da economia baiana.

Dessa forma, este trabalho visa discutir as demandas ambientais, que estão sendo foco das atividades de pesquisa inovadoras para a indústria do estado da Bahia, desenvolvidas

no curso de Mestrado Profissional GETEC do SENAI-BA.

## 2. Mestrados profissionalizantes e sua importância para indústria

O mestrado profissionalizante do Brasil foi estabelecido através das portarias nº 47 de 17 de outubro de 1995 e Portaria nº 080 de 16 de dezembro de 1998, devido a necessidade e a relevância da criação de mestrados direcionados à formação profissional.<sup>5</sup> Desde então, este vem sendo implementado em várias instituições brasileiras gerando, paralelamente, muitas divergências quanto a sua aceitação e restrições ao seu reconhecimento no espaço acadêmico.<sup>6</sup>

A portaria normativa no. 7/2009, do Ministério da Educação,<sup>7</sup> define Mestrado Profissional no artigo 3º como uma modalidade de formação pós-graduada *stricto sensu* que possibilita: a capacitação de pessoal para a prática profissional avançada e transformadora de procedimentos e processos aplicados, por meio da incorporação do método científico, habilitando o profissional para atuar em atividades técnico-científicas e de inovação; a formação de profissionais qualificados pela apropriação e aplicação do conhecimento embasado no rigor metodológico e nos fundamentos científicos; a incorporação e atualização permanentes dos avanços da ciência e das tecnologias, bem como a capacitação para aplicar os mesmos, tendo como foco a gestão, a produção técnico-científica na pesquisa aplicada e a proposição de inovações e aperfeiçoamentos tecnológicos para a solução de problemas específicos.

Dentre todas as atribuições desenvolvidas pelo profissional da indústria, que busca melhorar a sua qualificação profissional através de um curso de Mestrado Profissionalizante, pode-se destacar a habilidade de inovar os processos desenvolvidos na empresa/indústria de

origem. O foco de estudo e justificativa para os profissionais da indústria buscarem tal curso de pós-graduação estão, em sua maioria, centrados na solução de problemas específicos do setor em que este profissional desenvolve sua atividade.

### 2.1. Temática de Gestão e Tecnologias Ambientais no GETEC

A preocupação ambiental tem se tornado um dos principais temas de pesquisa por parte da indústria para melhorar o perfil de inúmeros indicadores ambientais (consumo de água e energia, geração de resíduos, geração de efluentes líquidos, emissões atmosféricas de gases poluentes, como o CO<sub>2</sub>, e redução do consumo de recursos naturais, dentre outros).

A adoção de uma postura ambientalmente responsável nas atividades industriais traz resultados positivos para as empresas, no tocante da melhoria da sua imagem perante os clientes, melhoria na eficiência do processo produtivo e técnica operacional dos funcionários, além da diminuição das perdas com multas e ações corretivas decorrentes de poluições ambientais. Neste sentido, para que a atividade de uma empresa ou um processo produtivo seja ambientalmente sustentável, devem estar apoiados num conceito de produção fundamentado nos seguintes pilares: produção ambientalmente compatível, economicamente rentável e socialmente justa. Isto implica na adoção de estratégias, que identifiquem as fontes causadoras de poluição no processo para que, desta forma, se minimize a adoção de medidas corretivas, reduzindo assim os impactos por estas ações no meio ambiente.<sup>8</sup>

Com base nessas informações, acredita-se que os impactos das atividades econômicas no meio ambiente devem ser reduzidos drasticamente para limitar a deterioração dos recursos naturais e para combater o aquecimento global. O crescente interesse destes temas como linha de pesquisa se

traduz através de novas tecnologias e tendências para melhorar o desempenho ambiental, como a desmaterialização da economia, reutilização ou reciclagem de produtos, utilização de energia limpa, o uso de biocombustíveis e a eco-concepção ou projeto ecológico. A realização de pesquisas nestas temáticas significa inovação incorporada ao processo produtivo.

No caso do SENAI-BA, o Mestrado Profissional GETEC possui três linhas de pesquisa: Gestão e Desenvolvimento Industrial (GDI), Engenharia e Tecnologia de Processos (ETP) e Tecnologias de Desenvolvimento do Produto (TDP). Cada uma destas linhas possui sub-linhas de pesquisa.

A linha de GDI possui a sub-linha “Gestão Ambiental na Indústria”, de forma a fazer frente às demandas de buscas por melhorias contínuas na gestão do desempenho ambiental na empresa, requisito da Norma ISO 14.000 para as empresas.

A linha ETP possui as sub-linhas: Tecnologias avançadas para tratamento de águas e efluentes com foco em reuso e tratamento de resíduos industriais; Desenvolvimento de tecnologias para abatimento de gases poluentes; Desenvolvimento de tecnologias e métodos para monitoramento ambiental e Tecnologias limpas. Estas sub-linhas estão relacionadas a novas tecnologias em função da demandas das empresas para atender aos programas “efluente zero”, “emissões zero” e “resíduos sólidos zero”, as quais preconizam a redução e não-geração de materiais e descargas que possam ocasionar impacto ambiental nos ecossistemas. Estes programas nas indústrias são realizados para atendimento às diretrizes determinadas nas “Política Nacional de Recursos Hídricos”, “Política Nacional de Resíduos Sólidos” e “Política Nacional de Mudança do Clima” para o setor industrial.<sup>9</sup>

A TDP possui as sub-linhas: Desenvolvimento de produtos a partir de resíduos industriais e Análise do ciclo de vida do produto. Neste caso, estas estão ligadas a

geração de novos produtos na vertente sustentável.

A importância de todo esse cenário de atuação para indústria, na temática ambiental, pode ser mais bem compreendida através das escolhas dos temas de dissertação por parte dos discentes inscritos no Programa de pós-graduação do GETEC.

No ano de 2011 foi defendida a primeira dissertação com foco ambiental sobre o estudo de utilização do resíduo pó de madeira sendo incorporado a polímeros para obtenção de compósitos poliméricos biodegradáveis.<sup>10</sup>

Já em 2012, de um total de 20 dissertações defendidas, pode-se destacar dois trabalhos na temática ambiental. Um deles trata da substituição de um solvente tóxico, hexano, por álcool etílico no processo de produção de metal duro,<sup>11</sup> ou seja, um projeto na sub-linha Tecnologias Limpas com foco em produção mais limpa, na redução do impacto na fonte através da mudança no insumo. Outra trata do reaproveitamento de material descartado durante o processamento para produção do compósito nylon usado na indústria automotiva, projeto na sub-linha de reaproveitamento de resíduos.<sup>11</sup> E na linha de políticas públicas pode-se destacar o caso de uma empresa Brasileira de economia mista, no qual foi realizado um estudo sobre os critérios de compras públicas sustentáveis.<sup>12</sup>

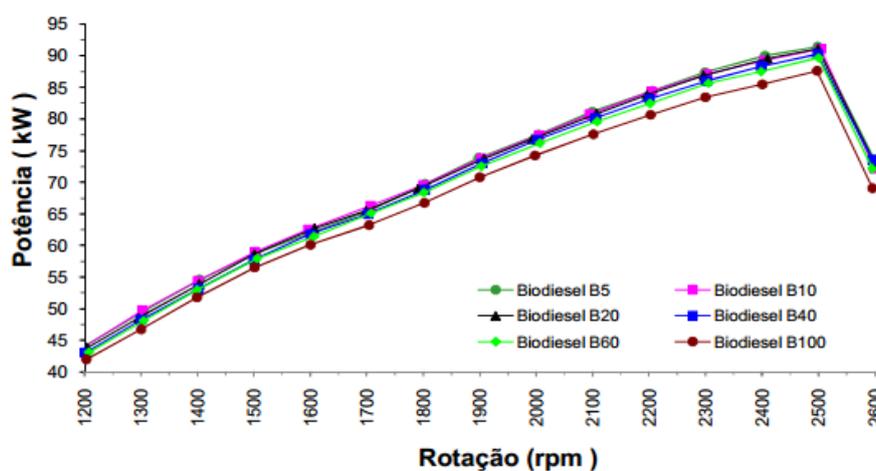
### 2.1.1. Sub-temática 1: Energia e Ambiente

Energia e Ambiente é um tema de muitas discussões nos últimos anos devido à preocupação mundial quanto à qualidade de vida da população, que está diretamente relacionada com as condições ambientais existentes.

Inserido nas sub-linhas de Gestão Ambiental e Desempenho Termo-mecânico de Equipamentos e Sistemas Industriais (ETP) na Indústria, em 2011, foi defendida uma dissertação com foco na utilização de

biocombustíveis em motores de embarcações marítimas. O óleo diesel é muito utilizado no Brasil e sua composição pode apresentar teor de enxofre elevado de até 5.000 ppm (0,5% em massa) a depender de sua finalidade, como é o caso do combustível utilizado em embarcações, o chamado diesel marítimo. Assim, Souza<sup>13</sup> avaliou o desempenho (potência, torque e consumo específico de combustível) de

motores ciclo diesel alimentados com misturas combustíveis de biodiesel e diesel marítimo (5, 10, 20, 40, 60 e 100 % de biodiesel). Os resultados para potência e rotação apontam para o fato que o uso de misturas de biodiesel não alteram significativamente o desempenho do motor (Figura 2), tendo apenas uma redução do consumo quando comparado com o diesel marítimo (DM).<sup>13</sup>



**Figura 2.** Potência versus Rotação das misturas de DM com biodiesel em proporções variadas<sup>13</sup>

Outro exemplo de sucesso que caracteriza a sinergia entre a indústria e o Mestrado do GETEC, com foco na área de Engenharia e Tecnologia de Processos, foi o estudo da hibernação de uma caldeira a vapor. Equipamentos industriais de grande porte, como as caldeiras, têm o processo de corrosão sob controle em função das medidas de proteção que os cercam, concernente à qualidade da água que circula em suas tubulações. Contudo, decisões estratégicas podem optar por uma parada da planta por períodos longos e / ou indeterminados, num processo conhecido como hibernação. Neste caso, as tubulações e demais peças destes equipamentos não estão protegidos por nenhum mecanismo anticorrosivo, iniciando uma aceleração do processo de degradação. Caldeiras, submetidas à hibernação, foram o foco principal de um estudo que monitorou a

qualidade da atmosfera e a influência da umidade como medida protetiva no sentido de evitar que processos de corrosão atmosférica causem, principalmente, vazamento nos tubos ou trancamento das válvulas, em geral, quando a planta voltasse a funcionar. Até então, a conservação de equipamentos em hibernação não se preocupava com a superfície externa da tubulação da caldeira, provocando uma alta taxa de corrosão observada pela grande perda de espessura das paredes destes tubos (Figura 3). Foram avaliados os mecanismos de deterioração que causavam mais impacto nas condições físicas da caldeira, possibilitando uma avaliação dos mecanismos de deterioração e uma tentativa de prevenção para minimizar ou eliminar possíveis danos ao equipamento. A corrosão atmosférica, entre outros mecanismos, foi o principal ponto de atenção durante o estudo

da hibernação. Assim, foram monitoradas no ambiente da caldeira: a taxa de absorção do íon  $\text{Cl}^-$ , a concentração de  $\text{SO}_2$ , bem como a umidade do ambiente. Dos contaminantes avaliados como os principais no ambiente da caldeira, o cloreto apresentou valores praticamente irrisórios, enquanto foram observados altos valores para o teor de enxofre. Os teores de enxofre detectados nas amostras de óxidos retirados das paredes dos tubos comprovam a absorção deste componente químico, como agente de corrosão no ambiente interno da caldeira.

Com uma técnica fácil e relativamente barata, a umidade no interior da caldeira foi controlada através do aquecimento, mantendo-se sempre abaixo de 60 %, onde a corrosão mesmo em atmosfera com alto teor de enxofre é mínima, situação comprovada pelas sucessivas medições de espessura das paredes das tubulações.<sup>14-16</sup> Tal trabalho promoveu uma associação bem sucedida entre decisões de gestão, manutenção e conservação de equipamentos, evitando o desperdício e a geração de um enorme volume de resíduo sólido passivo.



**Figura 3.** Fotografia das paredes externas da tubulação no interior da caldeira, mostrando o desprendimento de produto de corrosão após o abaixamento e controle da umidade por aquecimento<sup>15</sup>

Equipamentos da cadeia petroquímica, um dos maiores setores com consumo energético de combustíveis e energia elétrica, também foram estudados no Programa GETEC. Um dos trabalhos abordou o estudo de mecanismos de dano por carburização na fratura em serviço de tubos e de fornos de pirólise.<sup>17</sup> Com esse estudo, a indústria petroquímica pôde melhorar seu processo de manutenção e por consequência operar seus equipamentos em uma melhor faixa de otimização energética para o aumento da produção com a devida segurança industrial em equipamentos. Como a dissertação exigiu confidencialidade pela empresa atendida, os resultados não foram apresentados nesse trabalho.

Atualmente, o programa possui

dissertações em andamento que abordam avaliação técnico-econômica do uso de gás natural e análise da utilização do  $\text{CO}_2$ , importante resíduo na produção de óleo e gás no pré-sal, e de fluidos naturais no desenvolvimento de equipamentos de refrigeração e na melhoria energética de ciclos de refrigeração com o uso desses fluidos refrigerantes.

#### *2.1.2. Sub-temática 2: Novos materiais a partir de resíduos e tecnologias mais limpas*

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos na área de Materiais do SENAI CIMATEC está ligada diretamente à indústria automotiva e petroquímica, esta última voltada

principalmente para o desenvolvimento de novos materiais plásticos incorporando resíduos sólidos com aplicação no setor de mobilidade. Um dos principais objetivos da pesquisa na indústria automotiva é a busca pela redução de peso, que acaba refletindo na tentativa de substituição de peças metálicas por materiais mais leves, como polímeros. Outra demanda surgida da preocupação com políticas ambientais é a modificação de processos produtivos visando à redução nas perdas de materiais, menor consumo de energia e substituições de materiais nocivos ao meio ambiente por alternativas recicláveis ou biodegradáveis, ou seja, tecnologias limpas.

Entre os principais polímeros utilizados na indústria automotiva estão os elastômeros, amplamente usados no compartimento do motor ou como mangueiras e vedações de carroçaria. Entre os compostos elastômeros de maior importância encontra-se a borracha de Etileno-Propileno-Dieno (EPDM), dominante no segmento de vedações de carroçaria e mangueiras de radiadores devido à facilidade de extrusão para perfis de vedação, além da excelente resistência à absorção de água, combinada com boas propriedades mecânicas e custo

relativamente baixo. Porém, a conformação de perfis de EDPM demanda grandes custos energéticos associados ao alto tempo de cura. O produto final conformado é ainda um elastômero termofixo, onde seus resíduos não podem ser reaproveitados e as peças descartadas não podem ser recicladas por técnicas convencionais, gerando uma enorme quantidade de resíduo sólido. Neste contexto, o desenvolvimento de uma dissertação no Programa GETEC propôs a substituição do EPDM por elastômeros termoplásticos nas vedações de vidros móveis.<sup>18</sup> Foram testadas quatro alternativas: resina termoplástica vulcanizada (TPV), termoplástico elastômero não-vulcanizado (TPE), elastômero a base de poliolefina (TPO), e a base de poliuretano (TPU). O uso de material termoplástico resultou numa melhoria de processo, pois eliminou o tempo de cura com ganhos ambientais oriundos da economia energética gerada e da possibilidade de reciclagem dos resíduos de processo e / ou futuras peças descartadas.<sup>18</sup> A Figura 4 mostra os perfis obtidos com as quatro alternativas estudadas, sendo que duas delas (TPV e TPE) apresentaram propriedades semelhantes ao EPDM, tornando possível sua substituição.



**Figura 4.** Amostras dos elastômeros TPO, TPU, TPV e TPE estudados para a substituição do EPDM<sup>18</sup>

A procura por materiais ambientalmente mais corretos também é uma preocupação na substituição de peças plásticas por materiais compósitos formados por fibras naturais ou até mesmo polímeros biodegradáveis. Estudos nessa área englobam a modelagem de sistemas poliméricos para o estudo de seu comportamento no uso em peças usualmente construídas com materiais metálicos,<sup>19</sup> a viabilidade do processamento industrial de biopolímeros e compósitos poliméricos<sup>20</sup> e a caracterização química e mecânica destes materiais após possíveis processos de degradação.<sup>21</sup>

A fibra natural tem um papel de reforço mecânico, além da redução em massa de material não degradável. Os trabalhos desenvolvidos pelos alunos de pós-graduação focam no aperfeiçoamento de composições de fibras naturais e polímeros *commodities* que auxiliam nas propriedades mecânicas destes materiais plásticos, como, por

exemplo, a produção de compósitos de polipropileno com fibras naturais de sisal ou pó de madeira<sup>22-23</sup> e, compósitos de poliamida com fibra de vidro reciclada.<sup>11</sup> Além disso, a produção de compósitos com fibras naturais modificadas por polímeros condutores é uma nova tendência para a produção de materiais eletroativos capazes de absorver energia eletromagnética que podem substituir as peças metálicas utilizadas na blindagem dos componentes elétricos de automóveis (Figura 5).<sup>24,25</sup> Seguindo a linha de polímeros biodegradáveis, a principal preocupação é a melhoria no processamento industrial de polímeros como o poli-hidroxibutirato (PHB), a poli- $\epsilon$ -caprolactona (PCL) e o poli-ácido láctico (PLA),<sup>8,20</sup> garantindo a possibilidade de produção em grande quantidade, que possa atender a demanda da indústria plástica no setor de embalagens, descartáveis e artigos médicos.



**Figura 5.** Mecanismo de condutividade elétrica em compósitos de matriz polimérica e fibras naturais modificadas com polímero condutor (polianilina)<sup>8</sup>

Ainda, quando se fala no desenvolvimento de novos materiais com foco na redução do impacto ambiental, o tema corrosão deve ser considerado. Estima-se que cerca de U\$ 800 milhões são perdidos por dia nos Estados Unidos apenas com a corrosão metálica.<sup>26</sup> Além da perda financeira, o impacto ambiental relacionado com a exploração dos minérios utilizados como matéria-prima na indústria siderúrgica começam a se tornar grande foco de preocupação, tornando o setor industrial cada vez mais empenhado no desenvolvimento de medidas protetivas.

Neste caso, a eletroquímica entra como uma disciplina importante para a caracterização das reações de corrosão e desenvolvimento de inibidores, ligas mais resistentes e/ou barreiras contra a oxidação metálica.

O estudo aprofundado das causas da corrosão intergranular identificada em ligas ternárias de Ni-Cr-Mo (material reconhecidamente resistente à corrosão de alto desempenho) em meio ácido mostrou a ocorrência de sensibilização da liga, causada pela precipitação de intermetálicos ricos em Mo. Foi identificado que tais precipitados

eram originados pelo processo de fundição da peça, e um tratamento térmico adequado desenvolvido, a partir destes estudos, possibilitou a reutilização da peça; além de evitar que peças novas fossem fabricadas com a mesma vulnerabilidade.<sup>27</sup>

De maneira semelhante, o estudo das transformações estruturais em ligas de alumínio devido ao tratamento térmico possibilitou o mapeamento da formação de intermetálicos responsáveis pela sensitização e posterior corrosão em linhas de solda de tubulações de alumínio utilizadas para o transporte de ácido nítrico na indústria química.<sup>28</sup> A preocupação constante com o desgaste por corrosão de peças metálicas acaba contribuindo não apenas com o menor consumo destes materiais a partir da redução de substituição de peças, mas também evitando perdas ambientais indiretamente relacionadas com a corrosão, como o derramamento de material nocivo e contaminação de recursos naturais.

### 2.1.3. Subtemática 3: Gestão e tratamento de efluentes e emissões

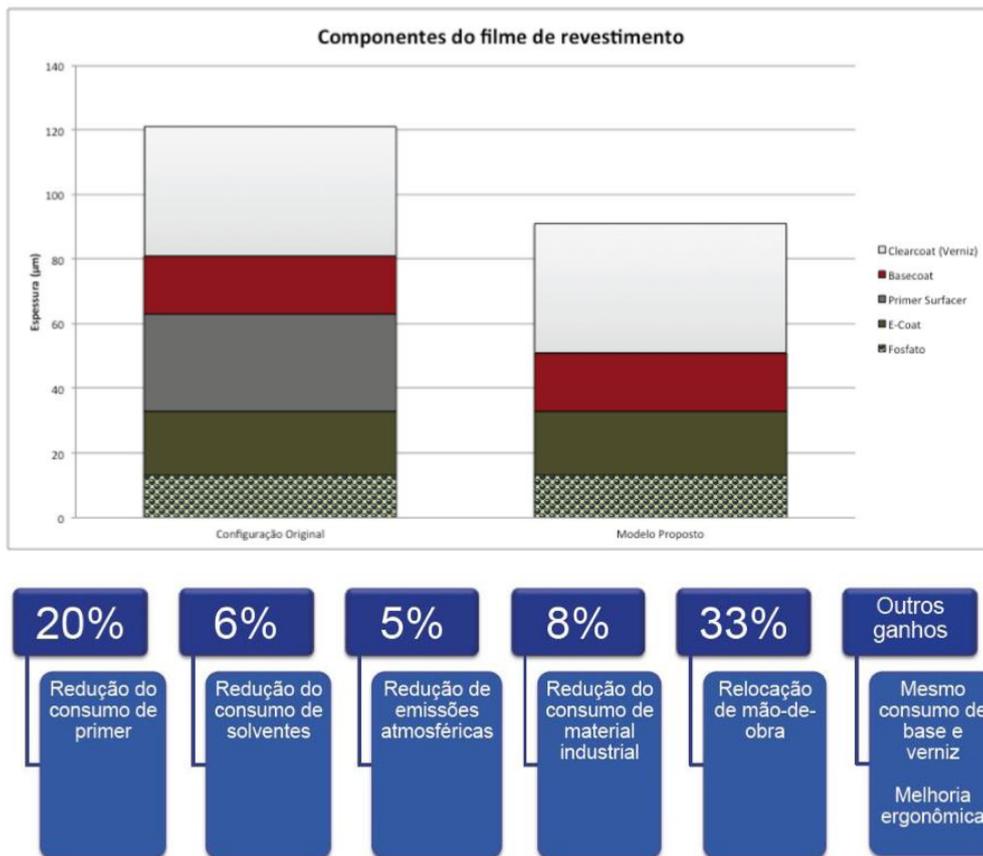
Embora a própria legislação ambiental obrigue alguns setores industriais a manterem um controle rígido de seus efluentes e emissões, grande parte da pesquisa nesta área procura aliar a redução de impactos ambientais com o aumento de produtividade e / ou redução de gastos.<sup>29</sup>

Um trabalho recentemente concluído trata, justamente, da redução de consumo de solventes em um processo de pintura industrial, conhecidamente o processo mais dispendioso e de maior contribuição nos impactos ambientais em plantas automotivas. Diante da questão sobre como reduzir a geração de efluentes e aumentar a produtividade de processos de pintura industrial, investigou-se a possibilidade de remoção da camada de tinta *primer*, estudando os efeitos desta ação nas propriedades do revestimento através de ensaios em laboratório e testes práticos em

fábrica. Os testes em laboratório compreenderam a análise das propriedades das chapas revestidas com a configuração proposta em comparação com as propriedades da pintura original, enquanto os testes em fábrica envolveram avaliações de chapas e unidades próprias para ensaios dentro processo produtivo. O sistema de pintura proposto para áreas específicas de regiões internas dos veículos se mostrou tecnicamente viável, possibilitando o aumento de produtividade aliado à redução do consumo de solventes em cerca de 6 % e de emissões atmosféricas em torno de 5 % (Figura 6).<sup>30,31</sup>

Outra linha de pesquisa a respeito do tratamento de efluentes é voltada para a adsorção de contaminantes através de adsorventes seletivos, como as argilas organofílicas de alta área superficial.<sup>32-34</sup> Por este motivo, estudou-se o poder de adsorção de argilas provenientes de minas do sul da Bahia, organofilizadas por processos já testados em demais argilas brasileiras,<sup>35-37</sup> para a remoção de solventes com baixa solubilidade em água, como os BTEX.

Compostos de hidrocarbonetos monoaromáticos, conhecidos como BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), voláteis encontrados nos derivados de petróleo, estão presentes em muitas etapas de processos industriais sob a forma de insumos básicos ou produtos. Tolueno, etilbenzeno e xilenos tem efeito nocivo sobre o sistema nervoso central, enquanto o benzeno é um potencial carcinogênico.<sup>38</sup> Embora sejam pouco solúveis, os chamados compostos BTEX são os constituintes da gasolina que têm maior solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático. Desta maneira, a contaminação pode ocorrer no solo e em águas subterrâneas, próximos a sítios de produção de petróleo e gás natural, postos de combustível, e outras áreas com tanques de estocagem contendo produtos relacionados ao petróleo.<sup>38,39</sup>



**Figura 6.** Camadas de pintura utilizadas num processo automotivo normal (esquerda) e com a proposta de eliminação da camada primer (direita) indicando os impactos avaliados na linha de produção<sup>30</sup>

Assim, o desenvolvimento de um processo de organofilização de argilas extraídas da própria região e o estudo do processo de adsorção dos compostos BETX nestas argilas busca o desenvolvimento de um processo rápido e barato para o tratamento destes efluentes. O tratamento das argilas extraídas em Vitória da Conquista – BA com sais quartenários de amônio produziu nanoestruturas de argilas organofilizadas com elevada eficiência para a remoção de orgânicos em soluções saturadas de tolueno, xileno e etilbenzeno, não sendo tão eficaz para a remoção de benzeno. Entretanto, os resultados resumidos na Tabela 1 indicaram uma capacidade de adsorção semelhante e até melhor que argilas obtidas em diferentes jazidas do mundo e que ou outros materiais tradicionalmente aplicados como adsorventes.<sup>40,41</sup>

Em relação à sub-linha de gestão e tratamento de efluentes, está em desenvolvimento um projeto que trata da avaliação do efluente tratado para fins de reuso no processo produtivo e em irrigação de área verde aplicado ao caso de uma indústria do segmento de embalagem de papel ondulado.

Quanto a projetos no âmbito das emissões, encontra-se em andamento a avaliação da correlação existente entre o nível de biodiesel presente no óleo diesel e a concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos emitidos na queima do combustível. Tal correção poderá ser utilizada como ferramenta de suporte para decisões futuras quanto à qualidade dos combustíveis veiculares.

**Tabela 1.** Velocidade inicial de adsorção e concentração máxima de argila organofilizada (extraída em Vitória da Conquista – BA) para os solventes BTEX<sup>40</sup>

Solvente	Velocidade de adsorção (mg/g.min)	Concentração máxima de argila (g/L)	Solubilidade (mL/L)	Tempo de adsorção (min)
<i>Tolueno</i>	3,0	0,09	515	248
<i>Xileno</i>	3,3	0,08	175	195
<i>Etilbenzeno</i>	7,8	0,08	152	176
<i>Benzeno</i>	0,5	0,20	1780	188

### 3. Conclusões

As reduções dos impactos ambientais oriundos dos diversos processos industriais, bem como a incorporação do conceito de sustentabilidade ambiental nas corporações, se tornaram temas de grande interesse tanto da sociedade mundial atual, como no meio empresarial, no que se refere à diminuição da geração de resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas, bem como seu melhor tratamento e/ou reaproveitamento antes de serem descartados ao meio ambiente.

O Programa de Mestrado Profissional GETEC do SENAI CIMATEC torna-se um meio importante de comunicação entre as pesquisas em engenharia ambiental e o setor industrial, contribuindo com trabalhos importantes em diferentes frentes de pesquisa.

Conforme pode ser observado pela descrição das linhas de pesquisas e trabalhos desenvolvidos e em desenvolvimento no âmbito do GETEC, a questão ambiental está presente em diversos projetos demandados por indústrias, no que se refere ao desenvolvimento de novos materiais incorporando resíduos, redução de perdas de materiais, reciclagem de resíduos e redução e tratamento de efluentes, dentre outros.

Estes exemplos de projetos refletem a sinergia entre a indústria e programas de mestrado profissionalizante, já que estes são

desenvolvidos para solucionar problemáticas e/ou contribuir para inovações no processo produtivo.

### Referências Bibliográficas

<sup>1</sup> OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012, OECD Publishing. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/sti-outlook-2012-highlights.pdf>>. Acesso em: 25 dezembro 2012.

<sup>2</sup> Ministério da Educação/ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) 2011-2020. Brasília, DF: Capes, 2010. v. 1. ISBN 9788588468153. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/sobre-a-capes/plano-nacional-de-pos-graduacao>>. Acesso em: 03 setembro 2012.

<sup>3</sup> Agostini, R., Odilla, F. Pacote de incentivo à inovação prevê R\$ 32,9 bi de investimentos em dois anos. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/1246126-pacote-de-incentivo-a-inovacao-preve-r-329-bi-de-investimentos-em-dois-anos.shtml>>. Acesso em: 13 março 2013.

<sup>4</sup> Sítio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). GeoCapes, 2013. Dados Estatísticos. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>>. Acesso em: 23 maio 2013.

<sup>5</sup> Sítio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

- Portaria no. 080, de 16 de dezembro de **1998**. Dispõe sobre o reconhecimento dos mestrados profissionais e dá outras providências. Brasília, 1998.
- <sup>6</sup> Marinho, M.; Kiperstok, A. Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. *Bahia Análise e Dados* **2001**, *10*, 271. [[Link](#)]
- <sup>7</sup> Diário Oficial Nº 117, terça-feira, 23 de junho de 2009. *Portaria normativa no. 7* de 22 de junho de 2009. Ministério da Educação: Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- <sup>8</sup> Melo, P. S.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>9</sup> Diário Oficial D.O.U. DE 29/12/2009, P. 109 (Edição Extra). [[Link](#)]
- <sup>10</sup> Amori Neto, T.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2011. [[Link](#)]
- <sup>11</sup> Camargo, L. F.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>12</sup> Seixas, E. S.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>13</sup> Souza, L. S. A.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2011. [[Link](#)]
- <sup>14</sup> Silva, J. C. ; Dalmolin, C. ; Alves, I. G. Controle da umidade como proteção anticorrosiva em caldeiras em hibernação. *Corrosão e Proteção* **2012**, *9*, 30. [[Link](#)]
- <sup>15</sup> Silva, J. C.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2011. [[Link](#)]
- <sup>16</sup> Silva, J. C.; Dalmolin, C.; Alves, L. G.; *Anais do VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, São Luiz, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>17</sup> de Santana, P. M. B.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2010. [[Link](#)]
- <sup>18</sup> Santos, R.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2011. [[Link](#)]
- <sup>19</sup> Veronese, E.; *Dissertação de Mestrado*. Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2010. [[Link](#)]
- <sup>20</sup> Amorim Neto, T.; Pachekoski, W. M.; Viana, J. D. ; Oliveira, V. C.; *Livro de Resumos / CD do 11º Congresso Brasileiro de Polímeros*. Campos do Jordão, Brasil, 2011. [[Link](#)]
- <sup>21</sup> Pachekoski, W. M.; Dalmolin, C.; Agnelli, J. A. M. The influence of the industrial processing on the degradation of poly(hidroxybutyrate) - PHB. *Materials Research* **2013**, *16*, 237. [[CrossRef](#)]
- <sup>22</sup> Santos, Z. I. G.; Chavez, M. A. *Bahia Indústria* **2008**, *22*. [[Link](#)]
- <sup>23</sup> Viana, J. D.; Araujo, E. M.A; Melo, T. J. A. Avaliação das propriedades mecânicas de bionanocompósitos PLA/PBAT/Argila organofílica. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos* **2012**, *7*, 20. [[Link](#)]
- <sup>24</sup> Mascarenhas, D.; Andrade, C. I.; Dalmolin, C. ; Pachekoski, W. M. ; Travassos, X. I. *Anais do 20 Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Joinville, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>25</sup> Silva, A. S.; Dalmolin, C.; Pachekoski, W. M.; Gama, Z. I.; *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Joinville, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>26</sup> Roberge, P. R.; *Corrosion Engineering – Principles and Practice*, McGraw-Hill: New York, 2008.
- <sup>27</sup> Tourinho, C. A. R.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2011. [[Link](#)]
- <sup>28</sup> Rezende, R. F.; Oliveira Júnior, J. G.; Barra, S. R.; *Congresso Internacional de Corrosão - INTERCORR*, Salvador, 2012. [[Link](#)]
- <sup>29</sup> Brand, F. A.; Dalmolin, C.; Travassos Jr., X. L.; Pachekoski, W. M. Avaliação da metodologia fmea como ferramenta para reduzir impactos ambientais no processo manutenção industrial. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* **2013**, *10*, 208. [[CrossRef](#)]
- <sup>30</sup> Gonçalves, F. F.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2012. [[Link](#)]

- <sup>31</sup> Gonçalves, F.; Dalmolin, C.; *Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Joinville, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>32</sup> Mortland, M. M.; Sun, S.; Boyd, S. A. Adsorption of benzene, toluene, and xylene by two tetramethylammonium-smectites having different charge densities. *Clays and Clay Minerals* **1990**, *38*, 113. [[CrossRef](#)]
- <sup>33</sup> Boyd, S. A.; Sun, S.; Lee, J. F.; Mortland, M. M. Pentachlorophenol sorption by organoclays. *Clays and Clay Minerals* **1988**, *36*, 125. [[CrossRef](#)]
- <sup>34</sup> Valenzuela-Díaz, F. R. Preparation of Organophilic Clays from a Brazilian Smectitic Clay. *Key Engineering Materials* **2001**, *203*, 189. [[CrossRef](#)]
- <sup>35</sup> Pereira, K. R. O.; Hanna, R. A.; Vianna, M. M. G. R.; Pinto, C. A.; Rodrigues, M. G. F.; Valenzuela-Díaz, F. R. Brazilian organoclays as nanostructured sorbents of petroleum-derived hydrocarbons. *Materials Research* **2005**, *8*, 1. [[CrossRef](#)]
- <sup>36</sup> Pereira, K. R. O.; Rodrigues, M. G. F.; Valenzuela-Díaz, F. R. Síntese e Caracterização de Argilas Organofílicas: Comparação no Uso de Dois Métodos. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos* **2007**, *2*, 1. [[Link](#)]
- <sup>37</sup> Rezende, M. J. C.; Pereira, M. S. C.; Santos, G. F. N.; Aroeira, G. O. P.; Albuquerque Jr., T. C.; Suarez, P. A.; Pinto, A. C. Preparation, characterisation and evaluation of brazilian clay-based catalysts for use in esterification reactions. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2012**, *23*, 1209. [[CrossRef](#)]
- <sup>38</sup> Tiburtius, E. R. L.; Peralta-Zamorra, P.; Leal, E. S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. *Química Nova* **2004**, *27*, 441. [[CrossRef](#)]
- <sup>39</sup> Corseuil, H.X.; Marins, M. D.M. Efeitos causados pela mistura de gasolina e álcool em contaminações de águas subterrâneas. *Boletim Técnico PETROBRAS* **1998**, *41*, 133. [[Link](#)]
- <sup>40</sup> da Costa, J. M.; *Dissertação de Mestrado*, Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Brasil, 2012. [[Link](#)]
- <sup>41</sup> da Costa, J. M.; Farias, G.G.; Rebouças, E. F. A.; Dalmolin, C.; Pachekoski, W. M. . *Revista Processos Químicos*, **2013**. (no prelo). [[Link](#)]